ChinaXiv合作期刊
图书情报工作
第66卷 第5期 2022年3月

探索式搜索中基于面部表情识别的用户情绪及影响因素研究*

■ 黄崑　郑明煊　罗士超　靳健
北京师范大学政府管理学院　北京 100875

摘　要：[目的/意义]结合面部表情识别技术，关注搜索过程的情绪与相关因素的关系，探讨搜索过程的情绪与搜索交互行为、体验的关系，为基于搜索交互行为的用户情绪识别与预测提供参考，为用户搜索交互过程的体验提升提供借鉴。[方法/过程]通过实验研究，招募48名被试分为两组，分别在有时间限制和无时间限制情况下完成三个指定任务，收集用户的表情数据、行为数据和相关自评数据。[结果/结论]研究结果表明：搜索过程中，用户表现的中性情绪占比最高（58.03%），其次是消极情绪（29.88%），积极情绪出现比例最少（12.10%）；用户的非中性情绪出现占比越高，搜索后体验越差，反之，中性情绪出现占比越高，用户搜索后体验越好。有时间限制组的用户表现的悲伤、厌恶、惊讶、高兴比例都显著高于无时间限制组；同时，中性情绪出现比例显著低于无时间限制组。高任务难度感知组用户表现出更多厌恶、愤怒情绪，更少中性情绪。页面切换场景下更容易出现非中性情绪。搜索过程中的中性情绪越多，用户在搜索后的体验越好，而消极情绪和积极情绪的占比都与搜索后体验呈现负相关。

关键词：情绪　表情识别　探索式搜索　影响因素
分类号：G252.7
DOI：10.13266/j.issn.0252-3116.2022.05.010

1 引言

搜索是人们日常生活、学习、工作中常见的活动之一。人们面对开放、不确定、模糊的搜索需求时，往往也会伴随产生不同的情绪，可能影响人们的搜索行为、绩效和体验。积极、乐观的情绪常常激励用户不断进取和探索，而烦恼、焦虑、挫折、愤怒等消极情绪则可能削弱用户信心，使其停止或者放弃查寻过程[1]。为了促进用户开展有效的信息搜索活动，信息行为、人机交互、信息检索等领域的研究者也在不断探索信息搜索活动中用户的情绪特点。2006年，G. Marchionini首次提出探索式搜索，用来描述一种开放的、持续的、多方面的信息搜索问题情境，搜索过程具有机会性、反复性和多策略性特点[2]。不同于传统的“问-答”式搜索，用户在探索式搜索初期的信息需求模糊，因为缺乏搜索对象的相关知识，不得不通过多次交互，不断调整搜索目标进行调研和学习，搜索终止时刻也同样存在不确定性[3]。因此，人们在探索式搜索中更容易因为过程的反复迭代、搜索持续时间的增加以及用户个体及其他外部因素的影响而产生情绪，进而影响交互行为和绩效。

信息搜索过程伴随着情感体验过程，搜索过程中的积极与消极情绪将影响注意力、记忆、表现和判断[4]。尽管认知观一直在信息行为领域占据主导地位，情感视角在近年来随着情感计算、感性工学等情感信息处理技术的快速发展，也逐渐受到关注，在信息行为领域涌现了一批将情感因素纳入考虑的相关研究工作，同时，也出现了对信息行为中情绪问题的专门关注，如不同情境下的信息焦虑问题、情感负荷问题等[5]。情绪体验具有多样性、广泛性和分化性[6]，其产生原因及其对搜索交互行为的影响，在不同个体上呈现的差异等，都还有待进一步的研究和揭示。本研究结合面部表情识别技术，关注搜索过程的情绪与相关因素的关系，探讨搜索过程的情绪与搜索交互行为、体验的关系，为基于搜索交互行为的用户情绪状态的自动识别与预测提供参考和借鉴，服务于搜索交互过程的优化。

2 国内外相关研究

在信息搜索行为研究领域，研究者们关注伴随搜

* 本文系国家自然科学基金项目“探索式检索过程中用户的情感体验及其影响机理研究”（项目编号：71974015）研究成果之一。
作者简介：黄崑，教授，博士，E-mail：huangkun@bnu.edu.cn；郑明煊，本科生；罗士超，硕士研究生；靳健，副教授，博士。
收稿日期：2021-07-22　修回日期：2021-11-27　本文起止页码：93-104　本文责任编辑：易飞

索过程用户的情绪状态和变化。研究者们既从搜索的宏观过程,也从搜索的微观过程进行过探讨,并且,也有一些研究者尝试利用面部表情识别技术识别用户搜索过程中的情绪。

英国格拉斯哥大学计算机科学学院的 I. Arapakis 教授 2008－2009 年之间,开展了一系列将表情识别技术应用于交互式信息搜索的研究。I. Arapakis 等[7]采取面部表情识别技术探究情绪在信息寻求过程中作用。该研究招募 24 名被试完成三项不同难度的搜索任务,任务进行过程中用摄像头录制用户搜索过程表情,使用表情识别模型 eMotion 对被试表情进行逐帧识别,结果发现,任务类型对于用户的不愉快的刺激有显著影响,而对于用户的情感强度、掩饰情感的独立程度无显著影响;但基于面部识别的用户搜索过程情绪方面,该研究没有发现其显著关联因素。之后,I. Arapakis 等[8]尝试利用用户面部表情探究多媒体推荐系统的优化路径。该研究开发过一个推荐系统,在该系统上进行了用户实验,使用支持向量机来分析用户每个搜索动作的对应面部情绪。研究结果表明,在搜索动作以及查看内容动作中,不同任务类型下用户情绪有着显著的变化,但不同任务中情绪刺激(指代搜索或查看内容等行为)与各项情绪本身没有显著关联。I. Arapakis 等[9]试图通过面部表情和外周生理信号预测搜索结果主题相关性。该研究基于用户实验数据,从用户面部表情及外周生理信号中提取一组特征,并用支持向量机和 K 近邻法等方法对数据进行分析。该研究建立的模型准确率可达 66.5%,表明基于表情识别的搜索结果相关性预测具备一定可行性。

美国新泽西州立大学的 I. Lopatovska 于 2009 年以“Emotional Aspects of the Online Information Retrieval Process”为题完成了博士论文[10],之后在博士论文基础上,她分别于 2011 年和 2014 年发表了两篇基于面部表情识别技术的论文,探讨用户在使用数字图书馆和信息查询时的基本情绪状态及其与搜索行为的关系。2011 年,I. Lopatovska[11]采取面部表情识别技术研究搜索者的面部表情与他们的搜索行为的关联。该研究招募 36 名被试分别进行两项不同难度的搜索任务,并在此过程中记录他们的面部表情变化及搜索行为。该论文收集了鼠标左键单击、左键双击、鼠标滚动、页面切换等 12 项搜索行为指标,对于表情值的量化采取用户动作前后 15 秒内、每隔三秒表情识别结果的均值表示。该研究结果发现多项用户行为指标与用户面部表情存在显著关联,如鼠标左键单击将使用户惊讶情绪、悲伤上升;鼠标左键双击将使用户悲伤、厌恶情绪上升;鼠标中键将使得喜悦、惊讶情绪上升。2014 年,I. Lopatovska[12]利用同一批实验数据考察了在线信息搜索过程中主要情绪、次要情绪和用户心情与搜索行为的关联。该研究基于面部表情识别技术测量用户主要情绪,使用搜索后访谈中提取的情绪词反映用户次要情绪,使用任务前后用户填写的积极－消极情绪量表数据反映用户心情。搜索行为主要关注任务完成时间、唯一查询次数、查看谷歌页面次数等 8 项行为指标。对于主要情绪,该研究使用典型关联分析法(CCA)探究其与行为指标的关联,尽管所有函数的结果模型在统计上不显著,它们的结构相关系数依然表明主要情绪与搜索行为有一定的关联。

伊朗伊斯兰阿扎德大学的 M. Y. Zanganeh 等[13]同样采取面部表情识别技术探索情感因素在博士生网络信息搜索中的作用。该研究面向伊朗大学招募 50 名被试,要求每名被试完成。该研究采用 CCA 进行数据分析。研究结果表明,对于用户的个人特征,发现用户对搜索结果的满意度、网络搜索频率、搜索体验、对搜索任务的兴趣以及对相似搜索的熟悉程度与快乐情绪呈正相关;对于用户搜索过程行为,发现具有更多快乐情绪的用户在搜索和查看搜索结果时花费了更多的时间、访问更多的 URL 地址、进行更多的查询,具有更多愤怒和厌恶情绪的用户在搜索过程中的尝试更少。该研究指出,用户搜索过程浏览得越彻底,其情感回馈越多;有兴趣和具有快乐等积极情感的用户在进行搜索时获得更多的正向反馈,使得自我效能感增加,使之更有动力坚持搜索。

前述研究结合面部表情识别技术探测用户搜索过程的表情或情绪,还有研究者结合眼动数据分析用户网页浏览中的情绪,不过这类结合生理学特征测量的研究整体数量上还较为有限,更多的研究通过问卷、访谈、实验等方式开展研究,利用积极－消极情绪量表(PANAS)[14]、创伤应激水平问卷(PTSD)[15]、状态－特征焦虑量表(STAI)[16-18]、日内瓦评估问卷(GAQ)[19]等心理学专业量表,也会利用图情领域形成的相关焦虑量表[20]、情感负荷量表[1,21]。还有些研究者在实验中采取出声思维方式,根据用户搜索实验中口头报告的内容进行文本分析,判断情感极性[22],或者在自然的访谈环境下,或者在实验室中让被试回看信息交互过程来回忆并描述他们当时的情绪状态[23]。尽管情感收集方式不同,研究的问题类似,主要围绕搜索过程

中的情绪及变化特点，情绪与认知、行为的关系等问题，不少研究者基于 C. C. Kuhlthau 的信息搜索过程 ISP 模型[24]，探索儿童、大学生、研究生等不同群体的信息搜索过程特点，从启动、选择、探索、确切表达、收集和展示等阶段分析情感、认知和行为的关系。也有研究者关注用户搜索中情绪的影响因素，如任务类型[25]、任务难度感知[26]、时间压力[27]、协作搜索中的任务分工[28-29]、自我效能感[30]、搜索系统因素与搜索效率[31-32]等。不过，这些研究对情绪的收集大都通过搜索任务执行前后的情绪测量获得，对于过程中的情绪监测较为有限。而前文中提到的利用表情技术捕获过程中情绪的研究，更多关注的是情绪与行为的关系，较少考虑情绪受到哪些因素影响。面部表情识别技术以其经济性与更小的干扰性等优势[33]，被愈来愈广泛地应用于各领域的用户情绪识别，如远程教育中的师生互动[34-35]、交通领域的防疲劳驾驶[36]、医学领域的病患情感测量[37]等，因此本研究利用表情识别技术，将面部表情识别结果作为对用户搜索过程情绪的测量，关注过程情绪的分布特点以及过程情绪与用户任务、时间压力、搜索交互行为的关系，探讨情绪的相关影响因素和影响机理。

3 研究设计

3.1 研究问题

本研究通过实验室研究，根据 P. Ekman 提出的 7 种基本情绪类型[38]，结合面部表情数据收集，对探索式搜索任务下用户的情绪特征及其影响因素进行研究。具体研究问题包括：

(1)搜索过程中用户基本情绪分布有何特征？

(2)任务认知复杂度、时间限制、难度感知是否显著影响用户搜索过程的情绪？

(3)用户搜索行为与体验与搜索过程的情绪是否存在显著相关？

3.2 任务设计

K. Athukorala 等[39]将典型的探索式搜索任务分为知识获取型、比较型以及规划型搜索任务三类。其中，知识获取型任务需要被试对于特定主题的信息进行开放式搜集；比较型任务需要收集有关两个或多个主题的信息并分析它们之间的异同；规划型任务内容则涉及对新领域概况信息的搜集与整合，从而为未来的活动做准备。这三类任务体现了理解、分析和创造的不同认知复杂度[40-41]。因此，本研究设计了表 1 所列的三个搜索任务：

表 1 任务设计

编号	任务内容	任务类型
1	在课题“基于认知观的信息检索研究”开展过程中，您需要对前人开展过的相关研究工作进行文献调研并撰写调研报告。请收集尽可能多的相关文献(不用撰写报告，仅收集、下载)	知识获取型
2	我校进行金融工程专业的课程建设，委托您调研 2 所高校开设的金融工程或相关课程作为学习标杆，分析两所学校在课程教学目标、教学内容与安排上的共性和差异，并撰写分析要点	比较型
3	受邀就“区块链”这个话题举办一场学术讲座，请您设计一个讲座大纲和内容要点(不可与找到的文献在内容结构上雷同)	规划型

3.3 用户情绪识别

本研究通过表情识别和自我报告两种方式进行了用户情绪收集。因为情感(feelings、affect)通常指情绪过程中人的主观感受或主观体验；情绪(emotion)一般是指人们对客观事物的态度和体验；心情(mood)则反映轻度或中度的情感，比情绪持续的时间长[42]。因此，参考已有研究[7,9-10,13]，本研究采用面部表情识别收集用户搜索过程的情绪，使用 PANAS 问卷采用自我报告的方式收集搜索前、搜索后的心情[14,43]，从而考察搜索过程的情绪与搜索前、后的心情之间的关系。

3.3.1 基于表情识别的情绪测量

面部表情识别是基于人脸图像，在心理学相关理论指导下对人脸情绪进行判断的情感计算技术。P. Ekman 和 W. V. Friesen 于 1978 年提出了基本面部情绪框架(FACS)[38]，将面部情绪分为恐惧(fear)、生气(anger)、厌恶(disgust)、高兴(happiness)、悲伤(sadness)、惊讶(surprise)以及中性(neutral)7 种，通过对于人脸各部分肌肉动作进行编码组合从而判别用户情绪。在情感分析研究中，也常常归纳为积极、消极和中性三类进行分析[44]。

基于前期调研，选择人工智能开放平台FACE++[45]提供的商用接口进行情绪识别。本 Face++ 是北京旷视科技有限公司开发的一款商用人工智能开放平台，其提供的各类人脸识别服务在国内应用广泛。本研究通过编写 Python 程序，先将表情录制视频进行切分，因为用户表情持续的时间一般为 5-10 秒[46]，故而采取每秒提取 1 帧的方式提取用户表情图像，然后通过调用 API 获得表情图片对应 7 类情绪的概率值，将每一帧出现概率值最大的情绪类型作为该帧的表情情绪。为了检验 FACE++ 在本研究表情图片上的识别准确性，进行了人工标注对比实验。首先，从 48 名被试的 144 条会话中分别随机抽取 5 张表情图片，共计获得

720 张表情图片:然后,两名研究生在前期进行了 FACS 理论框架标注规则的培训基础上,对 720 张表情图片进行了人工标注。标注过程中,对标注结果进行比对,产生分歧的图片进行讨论,直到取得一致结果。最后,以人工标注的结果作为基准,对比FACE ++ 的标注结果,得到 FACE ++ 在本数据集上的标注准确率为 71.67%。根据表情识别相关研究的识别性能[47],FACE ++ 在本数据集上的识别准确性在 70% 以上,因此,使用 FACE ++ 作为本研究识别用户表情的分析工具。

3.3.2 基于 PANAS 量表的情绪测量

为了获得用户执行搜索任务前、后的情绪,本研究还采用了 PANAS 积极消极情感量表请用户进行自陈评价。该量表是 D. Watson 等于 1988 年提出的一种心理测量量表[48]。该量表将情绪分为两类,即积极情绪和消极情绪,让被试填写对此刻自己每一种情绪的评分,分数越高表示相应的情绪体验越高。D. Watson 等指出,个体情感体验的结构可以用积极情感和消极情感两个相互独立的维度来描述[49],这是 PANAS 量表的理论基础。本研究选用邱林等[50]修订的 PANAS 量表,由分别代表积极情绪与消极情绪的 18 个词组成,然后采取五级李克特量表方式进行自陈评价。

3.4 搜索行为

整体行为特征编码部分,本研究参考已有相关研究[51-53],通过比较、汇总和归纳,形成一个完整用户搜索过程行为指标体系。该体系将用户在搜索过程行为分为 6 类,分别是:查询特征、查看特征、点击特征、保存特征、悬停特征和停留特征,具体行为指标如表 2 所示:

表 2 用户搜索过程行为指标体系

行为特征	行为指标	
查询特征	检索源使用个数	查询总长度
	查询次数	查询项总数
	查询的平均词数	唯一查询项总数
	查询的平均长度	没在主题描述中出现的有意义字符总数
	首次查询和查询检索式平均长度之差	没在主题描述中出现的唯一有意义字符总数
点击特征	点击检索结果的总数	
	翻页点击的总次数	
	每个查询的平均翻页点击次数	
查看特征	查看所有 SERP 页面总数	每次查询访问唯一 SERP 页面的平均次数
	查看所有唯一 SERP 页面总数	每次查询访问 Doc 页面的平均次数
	查看所有 Doc 页面总数	每次查询访问唯一 Doc 页面的平均次数
	查看所有唯一 Doc 页面总数	每次查询访问网页的平均次数
	查看所有网页总数	每次查询访问唯一网页的平均次数
	查看所有唯一网页总数	查看 Doc 页面平均排名
	每次查询访问 SERP 页面的平均次数	
保存特征	保存 Doc 页面数	
	每次查询保存 Doc 页面平均次数	
悬停特征	会话中鼠标悬停的总次数	会话中鼠标悬停的最高排名
	每个查询鼠标悬停的平均次数	每个查询鼠标悬停的平均最高排名
时间特征	登录页停留的平均时间	Doc 时长/总时长
	Doc 停留总时长	网页时长/总时长
	网页停留总时长	文档编辑时长/总时长
	文档编辑停留总时长	一次查询持续时间的平均时长
	SERP 时长/总时长	完成任务总时间

此外,本研究还根据搜索过程各类页面主要功能,将页面分为 6 类,见表 3。

3.5 数据收集

本研究随机招募了 48 名大学生,其中,男生 16 人,女生 32 人;本科生 33 人,研究生 15 人。这些学生来自北京师范大学、北京化工大学、北京邮电大学等 7 所高校,涉及 24 个专业院系。

根据前期预实验,48 名被试被随机分为两组, 分

表3　搜索过程页面分类及说明

页面类型	说明
登录页	(Landing Page)用户构造检索式的网页
SERP	(Search Engine Results Page)搜索引擎反馈结果的网页
DOC	(Document)提供内容的网页
文件浏览	查看下载到本地的文档的页面(一般为 PDF 文件浏览页面)
文档编辑	在本地进行文档编辑的页面
其他页面	上述页面之外的其他页面

别是时间限制组(24 人)与非时间限制组(24 人):时间限制组的被试被要求每项任务完成时间不得超过 10 分钟,时间到则停止任务;非时间限制组的被试则没有被限制任务时间。三个任务的顺序采取拉丁方设计。在实验开始,被试需要填写背景信息问卷。背景信息包含基本人口学信息、信息素养、搜索经验等。实验过程中,执行每个任务前填写问卷,包括性别、专业、是否有信息素养教育背景等问题。任务执行过程中,通过前置摄像头收集用户搜索过程的面部视频数据,通过 Bandicam 工具对搜索过程进行屏幕录制。同时,任务搜索结束后被试还需完成有关搜索体验的相关问题,包括基于 PANAS 问卷的情绪自陈、搜索结果评价(有用性、相关性、自信心和满意度)以及搜索任务难度感知等。经过数据采集,共计收集到 126 589 秒的视频,按照每秒截取 1 帧,共计得到 126 589 张图片。使用 Face++ 商用服务,正确处理的图片数量为 125 576 张,因此,识别有效率为 99.20%,另外 0.80% 的图片帧中由于人脸超出画面或面部遮挡过多等原因无法检测到人脸表情,对这部分图片进行了删除。

4　数据分析

根据 7 类情绪出现的频次百分比来看,如图 1 所示,中性情绪出现最多,占比 58.03%,显著高于其他 6 种情况。其次是忧伤(14.71%),再次是愤怒(8.51%)、惊讶(6.72%)、高兴(5.38%)、厌恶(4.96%),出现最少的情绪是恐惧(1.70%)。可见,用户搜索过程中,近 6 成时间的情绪为中性,其他时间会表现出忧伤、愤怒、惊讶、高兴、厌恶等不同情绪。总体来看,忧伤、愤怒、厌恶和恐惧等负面情绪总占比为 29.88%,高于积极情绪(12.10%)。

4.1　不同任务下的情绪特征

4.1.1　认知复杂度

对三个任务下的过程情绪百分比进行 检验,如表 4 所列,结果表明,尽管三个任务的认知复杂度不同,

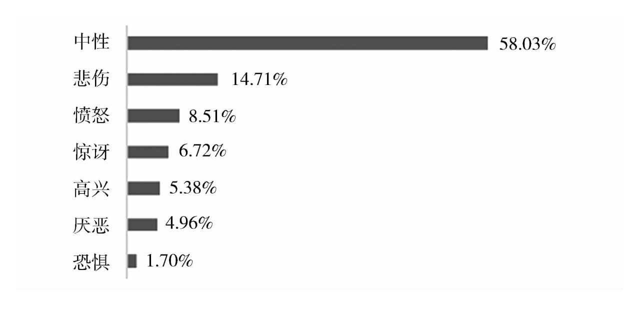


图1　用户搜索过程情绪分布

各类情绪出现的频次百分比差异并不显著。

表4　任务情境对于用户搜索情绪的影响

搜索过程情绪		任务类型				均值/%
		任务 1 (N=48)/%	任务 2 (N=48)/%	任务 3 (N=48)/%	P 值	
消极	悲伤	14.19	15.21	14.73	0.531	14.71
	愤怒	8.60	8.00	8.91	0.858	8.51
	厌恶	4.94	5.44	4.50	0.894	4.96
	恐惧	2.50	1.13	1.47	0.794	1.70
	总计	30.24	29.78	29.61	0.912	29.88
积极	惊讶	7.89	6.61	5.66	0.764	6.72
	高兴	4.89	4.78	6.46	0.992	5.38
	总计	12.78	11.39	12.13	0.907	12.10
中性	中性	56.98	58.83	58.26	0.969	58.03

4.1.2　时间限制

对于时间限制,Mann-Whitney U 检验表明,在有时间限制情况下,悲伤、厌恶、高兴和惊讶的占比都显著高于无时间限制,而中性情绪占比则显著少于后者,如表 5 所示。可见,有时间限制情况下用户在搜索过程中表现了更多非中性的情绪类型。

表5　时间限制对于用户搜索情绪的影响

搜索过程情绪		时间限制			均值/%
		有限制 (N=72)/%	无限制 (N=72)/%	P 值	
消极	悲伤	17.25	12.17	0.042 *	14.71
	愤怒	7.99	9.02	0.577	8.51
	厌恶	6.68	3.24	0.003 **	4.96
	恐惧	1.45	1.96	0.714	1.70
	总计	33.37	26.39	0.011 *	29.88
积极	惊讶	8.88	4.56	0.004 **	6.72
	高兴	6.98	3.77	0.018 *	5.38
	总计	15.86	8.33	0.003 **	12.10
中性	中性	50.77	65.28	0.000 **	58.03

注: ** 表示在 0.01 水平上差异显著; * 表示在 0.05 水平上差异显著

4.2　不同任务难度感知下的用户情绪

根据任务搜索前、后收集的任务难度感知评价,可

以将 144 条用户搜索会话分为三组，分别为低难度组（评分 <3）、中难度组（评分 =3）以及高难度组（评分 >3）。使用 Kruscal Walis 检验分析三组搜索会话过程用户情绪的差异，如表 6、表 7 所列。

表 6 不同前测感知难度的用户搜索情绪差异

搜索过程情绪		前测任务难度感知 低难度（N=20）/%	中难度（N=55）/%	高难度（N=69）/%	P 值	均值/%
消极	悲伤	16.84	17.30	12.02	0.196	14.71
	愤怒	2.44	9.83	9.21	0.008 **	8.51
	厌恶	1.80	2.76	7.63	0.001 **	4.96
	恐惧	0.90	2.23	1.52	0.884	1.70
	总计	21.98	32.12	30.38	0.128	29.88
积极	惊讶	7.14	4.97	7.99	0.165	6.72
	高兴	2.94	4.04	7.15	0.006 **	5.38
	总计	10.08	9.01	15.14	0.026 *	12.10
中性	中性	67.94	58.86	54.48	0.073	58.03

注：**表示在 0.01 水平上差异显著；*表示在 0.05 水平上差异显著

表 7 不同后测感知难度的用户搜索情绪差异

搜索过程情绪		后测任务难度感知 低难度（N=43）/%	中难度（N=46）/%	高难度（N=55）/%	P 值	均值/%
消极	悲伤	12.80	18.04	13.41	0.937	14.71
	愤怒	6.57	8.72	9.84	0.015 *	8.51
	厌恶	3.28	3.74	7.29	0.014 *	4.96
	恐惧	2.13	1.85	1.25	0.582	1.70
	总计	24.78	32.35	31.79	0.090	29.88
积极	惊讶	6.48	5.93	7.57	0.466	6.72
	高兴	3.55	4.76	7.33	0.132	5.38
	总计	10.03	10.69	14.90	0.321	12.10
中性	中性	65.19	56.96	53.31	0.041 *	58.03

注：*表示在 0.05 水平上差异显著

可以看到，无论是搜索前任务难度感知，还是搜索后任务难度感知，不同任务难度感知的搜索过程中，都呈现出愤怒、厌恶情绪在困难任务中出现百分比显著高于偏容易的任务过程。

4.3 搜索交互行为与用户情绪

4.3.1 搜索行为

根据表情识别的情绪分析结果，将 7 种情绪归为中性、积极和消极三类。对搜索行为与三类情绪极性进行相关性分析。表 8 列出了 Pearson 相关性分析中，与用户搜索过程情绪呈现显著相关的行为指标。

表 8 搜索过程情绪与行为的相关性分析

搜索行为	中性	积极	消极
首次查询和查询检索式平均长度之差	.105	-.247 **	.059
每次查询访问唯一 SERP 页面的平均次数	.055	-.189 *	.074
每次查询访问 Doc 页面的平均次数	.209 *	-.134	-.141
查看 Doc 页面平均排名	.028	-.181 *	.100
每个查询鼠标悬停的平均次数	-.143	-.039	.192 *
SERP 时长/总时长	-.176 *	-.017	.213 *

注：**表示在 0.01 水平上显著相关；*表示在 0.05 水平上显著相关

与中性情绪显著相关的两项指标表现为：每次查询访问 Doc 页面的平均次数越多，SERP 停留时间占据越少的总任务时长，用户搜索过程中性情绪越多。

与积极情绪显著相关的三项指标表现为：首次查询相较于平均查询长度越短，每次查询访问唯一 SERP 页面的平均次数越少，查看 Doc 页面平均排名越靠前，用户搜索过程积极情绪越多。

与消极情绪显著相关的两项指标表现为：平均每个查询鼠标悬停的次数越多，SERP 停留时间在总任务时长占比越多，用户搜索过程消极情绪越多。

4.3.2 页面停留行为

在分析具体搜索行为基础上，本研究还对页面停留场景进行了分析。首先，统计了各类页面用户停留时间，如表 9 所示：

表 9 各类页面停留次数与停留时间统计

页面类型		总次数	总停留时间/秒（占比/%）	平均停留时间/秒
构造检索式	登录页	680	7 518(6)	11.06
选择	SERP	2 296	19 018(15)	8.28
浏览	DOC	3 600	37 970(31)	10.55
	文件浏览	150	3 287(3)	21.91
输出	文档编辑	1030	42 225(35)	41.00
其他页面	其他	904	12 342(10)	13.65
合计		8 660	122 360(100)	14.13

进一步比较不同页面下的情绪差异，见表 10。

可见，DOC 浏览、文档编辑等页面停留过程中，中性情绪显著高于检索式构造页面、SERP 页面。在后两类页面中，中性情绪显著低于浏览和输出类页面，并且，SERP 页面消极情绪占比最高，积极情绪占比相对较高，这可能与检索式构造中对于检索词、检索策略的选择，以及 SERP 页面中对于结果进行分辨过程会面临更多不确定性有关。

表10　不同页面搜索过程情绪分布差异

页面类型		消极/%					积极/%			中性/%
		悲伤	愤怒	厌恶	恐惧	总计	惊讶	高兴	总计	
构造检索式	登录页	13.27	9.33	5.64	1.15	29.38	7.71	5.24	12.95	57.66
选择	SERP	14.22	8.97	5.29	1.82	30.3	7.39	5.5	12.89	56.81
浏览	DOC	12.69	7.89	4.1	1.21	25.89	7.63	4.79	12.42	61.68
	文件浏览	15.63	10.24	1.93	1.77	29.57	6.59	3.72	10.31	60.13
输出	文档编辑	15.61	9.24	3.93	1.27	30.05	4.08	4.71	8.79	61.16
其他页面	其他	12.86	7.36	3.89	2.7	26.8	7.8	4.47	12.27	60.93
均值		13.56	8.43	4.46	1.54	27.99	7.15	4.95	12.11	59.91
P值		0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**

注：**表示在0.01水平上差异显著；*表示在0.05水平上差异显著

4.3.3　页面切换行为

用户在搜索过程中的大部分时间呈现中性情绪，但仍有平均约40%左右时间呈现出非中性的不同情绪状态。观察被试搜索过程面部情绪视频发现，页面切换场景容易捕捉到用户的积极、消极情绪，因此进一步分析所有非中性情绪的出现时刻与页面切换的关系。

在页面切换前后时间的选取上，本研究先参考了I. Laptovska[11]的工作，该研究对用户搜索过程进行各类鼠标动作前后15秒的表情进行分析，以3秒为一个单位窗口观察不同窗口情绪分布的差异，发现在左键点击动作前后用户中性情绪微弱减少，而惊讶和悲伤情绪微弱增加，而左键点击一般意味着用户点击按钮，往往引发页面切换。因此，本研究将非中性情绪出现的时间节点分为页面切换附近与页面浏览过程两类。

本研究将页面切换进一步细分为切换前与切换后，在页面切换前出现的情绪归为页面切换前情绪，在页面切换后出现的情绪归为页面切换后情绪，否则归为页面浏览过程中出现的情绪。情绪相关的研究表明，情绪的持续时长一般为5－10秒[46]，而本研究中用户的页面平均停留时长为14秒左右，因此，本研究尝试分别以3－7秒为窗口捕捉页面切换动作前后情绪分布，并移除用户停留小于窗口长度的页面情绪数据，结果发现，以5秒为窗口时用户在页面切换与非页面切换过程非中性情绪分布差异呈现显著性(见表11)。

根据统计可以看到，共提取页面切换前、后窗口共计14 586个，捕捉到非中性情绪的窗口共计10 576个，占比72.51%；共提取非页面切换过程的窗口10 031个，非中性情绪窗口共计5569个，占比55.52%。相比之下，非中性情绪更多发生在页面切换前、后。

表11　页面切换场景相关的非中性情绪分布

页面切换	窗口数				
	总数/个	积极情绪/个	消极情绪/个	非中性情绪合计/个	非中性情绪占比/%
切换前	7 293	1 554	3 842	5 396	73.99
切换后	7 293	1 484	3 696	5 180	71.03
切换前后合计	14 586	3 038	7 538	10 576	72.51
非切换过程	10 031	1 491	4 078	5 569	55.52

4.4　搜索过程情绪与前后情绪、搜索体验

相关性、有用性、自信心和满意度是4个常见的搜索体验评价指标。Pearson分析结果见表12。

可以看到，用户对于搜索结果的评价与搜索过程情绪具有显著的关联。其中，相关性、有用性和自信心都与搜索过程消极情绪与中性情绪关联显著，与积极情绪关联不显著，它们都与消极情绪呈负相关，与中性情绪呈正相关。而满意度与搜索过程三类情绪都存在显著的关联，它与积极和消极情绪均呈负相关，与中性情绪呈正相关。总体而言，可以发现，用户搜索过程情绪越趋于中性，其对于搜索结果的评价就越积极。

5　讨论

由前述分析可以看到，用户搜索过程中中性情绪占比近60%，搜索过程的情绪与任务类型、任务难度感知、搜索阶段、交互行为、搜索后的体验都存在一定的相关性。具体表现为：

(1)用户搜索过程大部分时间呈现出中性情绪。本研究中，发现用户搜索过程中约60%左右时间处于中性的情绪状态，其次是消极情绪，整体而言，以惊讶和高兴为主的积极情绪出现比例最少。这一发现与已有信息搜索实验研究的发现不太一致，如I. Arapakis等[7]和I. Lopatovska[10]的研究发现惊讶情绪占比最

图书情报工作
第 66 卷 第 5 期 2022 年 3 月

表 12 搜索结果评价与搜索过程情绪关联相关性分析

搜索体验/情绪	过程积极	过程消极	过程中性	前测积极	前测消极	后测积极	后测消极
相关性	-.098	-.204 *	.240 **	.065	-.078	.255 **	-.307 **
有用性	-.117	-.257 **	.299 **	.154	.056	.289 **	-.244 **
自信心	-.159	-.234 **	.305 **	.226 **	-.139	.374 **	-.454 **
满意度	-.150	-.156	.232 **	.050	-.146	.299 **	-.445 **
前测积极	-.152	-.150	.227 **	1	.097	.738 **	.071
前测消极	-.013	.266 **	-.225 **	.097	1	.045	.547 **
后测积极	-.186 *	-.144	.244 **	.738 **	.045	1	.042
后测消极	.015	.230 **	-.210 *	.071	.547 **	.042	1

注: ** 表示在 0.01 水平上显著相关; * 表示在 0.05 水平上显著相关

高，中性情绪次之。这种差异可能一方面来自情绪识别具有族内优势效应有关。情绪调节具有文化特异性,即不同种族、不同文化背景的用户在情感表达上存在着差异[54]。与西方被试相比,东方人在情绪表现上更加内敛[55]。另一方面,中性情绪居多与用户于思考、投入阶段情绪趋于平静、表情变化不强烈有关,如 I. Lopatovska[12] 使用面部情绪识别研究用户在信息搜索过程中的情绪变化时发现,大多数用户在搜索过程中并未感受到非常强烈的情绪变化,中性情绪表达较多;P. Sharma 等[56] 通过面部识别分析网课学习时情绪与专注度的联系时也指出,表现出中性情绪的人正处于专注状态的概率高于其他诸如高兴、悲伤等情绪;魏艳涛等[57] 发现学习过程中用户大多数时候呈现中性情绪状态;S. K. D'Mello 等[58] 观察被试与 AutoTutor 的交互过程,发现被试大多数时候呈现中性情绪状态。此外,中性情绪状态较多也可能与用户无聊时的表情被计入了中性情绪有关。B. McDaniel 等[59] 曾在研究中发现无聊和中性情绪在面部特征上较难区分。本研究采取实验室研究方式展开,所设计的任务并非被试自发任务,可能在过程中会感到“无聊”,导致部分无聊情绪被识别成了中性。不过从中性情绪与搜索后体验的相关分析结果来看,中性情绪更多来自对搜索过程的专注。

(2)从任务特征来看,并未发现任务的认知复杂度影响搜索过程的情绪,与 I. Lopatovska[10] 的发现一致。不过任务难度感知被发现与搜索过程情绪有关系,搜索前任务难度感知高和搜索后任务难度感知高的用户都在愤怒、厌恶情绪上表现出显著高于任务难度感知低的用户;同时,搜索后的任务难度感知高,过程的中性情绪显著少于任务难度感知低的用户。也就是说,当用户在搜索过程中表现的非中性情绪越多,那么用户在搜索后感知的难度更高。这可能与探索式搜索过程面临更多不确定[3],不同的用户也将因不确定感产生对应更加积极或消极的预期情绪反应有关[60],从而会出现情绪波动更加明显的特点;因此,用户在搜索过程经历越多的情绪波动,则用户可能在搜索过程中经历更多不确定性,带给用户更多焦虑与压力[61],削弱用户的搜索体验。

(3)从时间压力来看,时间限制会影响搜索过程的情绪。即无时间限制情况下,用户搜索过程的情绪更加中性平静,有时间限制的用户在搜索过程中表现出更多的情绪波动,中性情绪分布相对较少。时间限制容易给用户带来时间压力,有时间限制组的时间压力感显著高于无时间限制组($P=0.004$)。时间压力的形成与用户无法在预期应有的时间内完成搜索有关,这种时间压力感容易削弱用户完成任务的自信,让用户在搜索过程表现得更加紧张焦虑[62-63]。类似的发现在 S. Y. Chen 等[64]、D. Nahl 等[52,65]的研究中也可以看到。以往研究更多通过搜索后的情绪量表来测量,因此,本研究结合表情识别对过程情绪数据进行收集,也更好地印证了自陈量表所发现的时间压力感与搜索过程情绪的关系。

(4)搜索前、后情绪与过程情绪的关系表明,前测与后测积极消极情绪与其搜索过程情绪呈现显著相关性。具体表现为,用户在搜索前情绪越趋于积极,搜索过程中表现越平静,非中性情绪占比越少;而用户在搜索过程情绪越中性,搜索后测的情绪也越趋于积极。并且,搜索过程的中性情绪越高,用户对于搜索的相关性、有用性、自信心、满意度评价也越高,而过程的消极情绪越高,会降低这些方面的评价,过程的积极部分影响搜索后满意,不过呈现的是负相关。这也再次表明,搜索过程的平静有助于搜索后获得更高的搜索体验,过程中的消极情绪、积极情绪都可能削弱搜索后的体验。因此,搜索过程用户越少经历波动情绪,搜索后的

体验越积极。

(5)搜索过程的情绪变化与搜索行为呈现一定的相关性。从具体交互行为来看，当用户更有效率、更快速地发现相关信息时，如每次查询访问 Doc 页面的平均次数越多、每次查询访问唯一 SERP 页面的平均次数越少，查看 Doc 页面平均排名越靠前，用户在搜索过程所表现的消极情绪越少。而当用户在搜索结果判断上花费更多时间，查看 Doc 后发现值得保存信息有限时，可能会引发用户更多消极情绪。并且，从引起情绪变化的场景来看，非中性情绪主要发生在页面切换前后。页面切换往往与用户信息加工对象和任务的变化有关。ISP 模型从宏观的搜索过程解释了搜索过程从不确定性到逐步明确、消除不确定性的过程。用户会随着搜索目标的解决而出现积极、消极情绪。将切换作为一个新任务的开始，那么 ISP 模型同样具有理论参考性，不确定性的过程更容易激发起用户的非中性情绪，而一旦模糊性有所降低，用户进入稳定的认知理解状态，表情可能呈现为中性。类似的发现在教育研究中也有出现，如学习者的中性表情和专注表情相似度很高[66]；中性情绪下保持注意力集中的概率在相关情绪类别中是最高的[59]。并且，情绪稳定性与问题解决能力正相关[67]，且能影响学习表现[68-69]。本研究也发现中性情绪与搜索体验呈现显著正相关的特点。

综合前述发现和分析，搜索过程的情绪与任务情境、搜索前后的情绪都表现出了一定的相关，尤其是不同页面和页面切换过程的情绪变化特点。因此，洞察用户情绪的感知及其影响因素，有助于对行为表象后面的用户认知状态的推断，从而提高信息搜索系统的情感支持功能，如下方面值得进一步关注：首先，对搜索过程的情绪及其类型进行更深入的研究。因为基于面部表情识别的主要情绪、基于自我报告的次要情绪以及基于量表的用户心情三者并不能相互替代[12]，并且，受制于表情对于情绪、心情反映的程度以及相互的联系还需要进一步探索，此外，还可以更聚焦搜索情境下的特定情绪，如搜索焦虑、结果满意等情绪。其次，加强对典型场景的分析。对代表认知变化的场景进行更加细粒度的研究，如使用具备帮助功能的搜索系统[70]，或是有专业人士参与辅助[71]之下用户的搜索过程中的情绪是否产生变化，或是探索不同搜索引擎用户的情绪体验差异。加强情绪与行为稳定关系的探索，构建基于行为的情绪状态及其变化预测模型。再次，加强情绪识别手段的丰富性，从更多角度刻画过程情绪，如通过用户与电脑的距离、眼睛在屏幕的位置[72]评估用户对于搜索任务的专注程度；加入姿态表情，如紧攥的拳头、垂下的脑袋作为情绪判断的参考[73]；通过智能手环等设备获取用户的生理信号，用作主观情绪测量的指标[74]，更全面地测量情绪特征。

6 结语

本研究通过实验研究，招募 48 名被试分为两组，分别在有时间限制和无时间限制情况下完成三个指定任务，收集用户的表情数据、行为数据和相关自评数据。结果表明：总体来看，搜索过程中，用户表现的中性情绪占比最高(58.03%)，其次是消极情绪(29.88%)，积极情绪出现比例最少(12.10%)。有时间限制组的用户表现的悲伤、厌恶、惊讶、高兴比例都显著高于无时间限制组；同时，中性情绪出现比例显著低于无时间限制组。高任务难度感知组用户表现出更多厌恶、愤怒情绪，更少中性情绪。搜索过程中的中性情绪越多，用户在搜索后的体验越好，而消极情绪和积极情绪的占比都与搜索后搜索体验呈现负相关。可见，搜索过程中用户的非中性情绪出现占比越高，搜索后体验越差，反之，中性情绪出现占比越高，用户搜索后体验越好。

本研究的主要不足有：样本规模较为有限，研究发现仅限于由面部表情识别测量过程情绪，然而并不是所有的情绪都能通过表情反映。因此，本研究的发现还需要借助更多方式策略情绪并进行分析、验证和理论解释。下一步研究也有待在非大学生群体以及更大规模的样本下进行检验，以获得过程表情及变化与搜索交互行为间更稳定的关系，构建更系统的情绪变化规律的模型，为基于搜索交互行为的用户情绪预测和干预提供参考和借鉴。

参考文献：

[1] NAHL D. Measuring the affective information environment of Web searchers[J]. Proceedings of the Association for Information Science and Technology,2004,41(1):191-197.

[2] MARCHIONINI G. Exploratory search:from finding to understanding[J]. Communications of the ACM,2006,49(4):41-46.

[3] WHITE R W, ROTH R A. Exploratory search:beyond the query-response paradigm[J]. Synthesis lectures on information concepts retrieval and services,2009, 1(1): 1-98.

[4] SCOTT B,CLIFFORD N,KEVIN H. Computers that care:investigating the effects of orientation of emotion exhibited by an embodied computer agent[J]. International journal of human-computer studies, 2005, 62(2):161-178.

[5]李京津,黄崑,袁心,等.信息查询与检索领域中用户情感因素

的界定与应用[J]. 图书情报工作,2019,63(7):63 –71.
[6] 郭婷婷,崔丽霞,王岩. 情绪复杂性:探讨情绪功能的新视角[J]. 心理科学进展,2011,19(7):993 –1002.
[7] ARAPAKIS I, JOSE J M, GRAY P D. Affective feedback:an investigation into the role of emotions in the information seeking process[C]// Proceedings of the 31st annual international ACM SIGIR conference on research and development in information retrieval. Singapore:ACM, 2008:395 –402.
[8] ARAPAKIS I, MOSHFEGHI Y, JOHO H, et al. Enriching user profiling with affective features for the improvement of a multimodal recommender system[C]// ACM international conference on image & video retrieval. Santorini:ACM, 2009:1 –8.
[9] ARAPAKIS I, KONSTAS I, JOSE J M, et al. Modeling facial expressions and peripheral physiological signals to predict topical relevance[C]//Proceedings of the 32nd international ACM SIGIR conference on research and development in information retrieval. Boston:ACM,2009:728 –729.
[10] LOPATOVSKA I. Emotional aspects of the online information retrieval process [D]. New Brunswick:Rutgers The State University of New Jersey, 2009.
[11] LOPATOVSKA I. Emotional correlates of information retrieval behaviors[C]// Affective computational intelligence. Paris:IEEE, 2011:1 –7.
[12] LOPATOVSKA I. Toward a model of emotions and mood in the online information search process[J]. Journal of the Association for Information Science & Technology, 2014, 65(9):1775 –1793.
[13] ZANGANEH M Y, HARIRI N. The role of emotional aspects in the information retrieval from the Web[J]. Online information review, 2018, 42(4):520 –534.
[14] LOPATOVSKA I. Searching for good mood:examining relationships between search task and mood[J]. Proceedings of the American Society for Information Science & Technology, 2009, 46(1):1 –13.
[15] KOO J H. Information seeking within negative affect[J]. Journal of the Korean Society for Library and Information Science, 2016, 50(1):285 –312.
[16] 周文杰. 数字信息分析中用户焦虑实验研究[J]. 中国图书馆学报, 2011, 37(6):58 –66.
[17] KRACKER J. Research anxiety and students´ perceptions of research:an experiment. part I. effect of teaching Kuhlthau´s ISP model[J]. Journal of the Association for Information Science and Technology, 2002, 53(4):282 –294.
[18] KRACKER J, WANG P. Research anxiety and students´ perceptions of research:an experiment. part II. content analysis of their writings on two experiences[J]. Journal of the Association for Information Science and Technology, 2002, 53(4):295 –307.
[19] 姜婷婷,贺虹虹,张正楠. 搜索任务复杂度对用户情感的影响研究[J]. 图书情报知识,2016(4):74 –82.
[20] ONWUEGBUZIE A J, JIAO Q G, BOSTICK S L. Library anxiety:theory, research, and applications[J]. Library review, 2004, 56(3):258 –259.
[21] NAHL D. Affective and cognitive information behavior:interaction effects in Internet use[J]. Proceedings of the Association for Information Science and Technology, 2005, 42(1):246 –268.
[22] LAZAR J, JONES A, HACKLEY M, et al. Severity and impact of computer user frustration:a comparison of student and workplace users[J]. Interacting with computers, 2006, 18(2):187 –207.
[23] TENOPIR C, WANG P, ZHANG Y, et al. Academic users´interactions with ScienceDirect in search tasks:affective and cognitive behaviors[J]. Information processing & management, 2008, 44(1):105 –121.
[24] SHANNON D. Kuhlthau´s information search process[J]. School library media activities monthly, 2002, 19(2):19 –19.
[25] 邱瑾,吴丹. 协同信息检索行为中的情感研究[J]. 图书与情报, 2013(2):105 –110.
[26] 袁红,赵宇珺. 协同搜索行为中的用户任务感知及情绪状态研究[J]. 图书情报工作,2015, 59(17):89 –98.
[27] CRESCENZI A, CAPRA R, ARGUELLO J. Time pressure, user satisfaction and task difficulty[J]. Proceedings of the American Society for Information Science and Technology, 2013, 50(1):1 –4.
[28] IMAZU M, NAKAYAMA S, JOHO H. Effect of explicit roles on collaborative search in travel planning task[C]// Asia Information Retrieval Symposium. Dubai:Springer,2011:205 –214.
[29] 黄崑,袁心,李蕾,等. 情感负荷视角下协作检索中用户消极情绪感知及其影响因素研究[J]. 图书情报知识,2020(1):42 –52.
[30] 王昌,韩建华,孙晓宁. 协同信息搜寻用户情绪影响因素研究 ––基于自我效能感和任务复杂性[J]. 图书情报知识,2021(1):76 –84.
[31] GWIZDKA J, LOPATOVSKA I. The role of subjective factors in the information search process[J]. Journal of the Association for Information Science & Technology, 2014, 60(13):2452 –2464.
[32] 谭金波,王广新. 学习情绪与查询任务类型的交互作用对网络信息搜索体验的影响[J]. 中国远程教育,2017(9):19 –25,79.
[33] ANDERSEN R A, NASROLLAHI K, MOESLUND T B, et al. Interfacing assessment using facial expression recognition[D]. Lisbon:University of Warwick, 2014.
[34] GHIJSEN M, NIJHOLT I A, POEL M, et al. Facial expression analysis for human computer interaction-recognizing emotions in an intelligent[J]. Affective computing, 2004, 2(3):147 –161.
[35] 胡敏,綦科. 表情识别技术的教育应用[J]. 教育现代化,2019, 6(75):100 –102.
[36] PASCHERO M, VESCOVO G D, BENUCCI L, et al. A real time classifier for emotion and stress recognition in a vehicle driver [C]// IEEE international symposium on industrial electronics. Hangzhou:IEEE, 2012:1690 –1695.

[37] YANG Z, KAY A, LI Y, et al. Pose-based body language recognition for emotion and psychiatric symptom interpretation[C]// 2020 25th international conference on pattern recognition. Electr Network:IEEE,2021:294－301.

[38] EKMAN P, FRIESEN W V. Facial action coding system:a technique for the measurement of facial movement [M]. Palo Alto:Consulting Psychologists Press, 1978.

[39] ATHUKORALA K, DOROTA GŁOWACKA, JACUCCI G, et al. Is exploratory search different? a comparison of information search behavior for exploratory and lookup tasks[J]. Journal of the Association for Information Science and Technology, 2016, 67(11): 2635－2651.

[40] ANDERSON L W, KRATHWOHL D R, AIRASIAN P W, et al. A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of bloom's taxonomy of educational objectives[M]. New York:Longman,2001.

[41] KELLY D,ARGUELLO J,EDWARDS A, et al. Development and evaluation of search tasks for IIR experiments using a cognitive complexity framework[C]//Proceedings of the 2015 international conference on the theory of information retrieval. Northampton: ACM,2015:101－110.

[42] 李京津,黄崑,袁心,等.信息查询与检索领域中用户情感因素的界定与应用[J].图书情报工作,2019,63(7):63－71.

[43] SCHERER K R. What are emotions? and how can they be measured? [J]. Social science information, 2005, 44(4) :695－729.

[44] CHEN H, GU Y, WANG F, et al. Facial expression recognition and positive emotion incentive system for human-robot interaction [C]// Proceedings of the 13th world congress on intelligent control and automation. Changsha:IEEE, 2019:407－412.

[45] 李浩然.旷视人工智能开放平台 Face ++:长尾图像应用的支撑[J].人工智能,2019(2):76－86.

[46] EKMAN P, FRIESEN W V. Unmasking the face[M]. Cambridge MA:Malor Books, 2003.

[47] 李珊,邓伟洪.深度人脸表情识别研究进展[J].中国图象图形学报,2020,25(11):2306－2320.

[48] WATSON D, CLARK L A, TELLEGEN A. Development and validation of brief measures of positive and negative affect:the PANAS scales. [J]. Journal of personality and social psychology,1988,54(6):1063－1070.

[49] WATSON D, WIESE D, VAIDYA J, et al. The two general activation systems of affect:structural findings, evolutionary considerations, and psychobiological evidence[J]. Journal of personality and social psychology, 1999, 76(5):820－838.

[50] 邱林,郑雪,王雁飞.积极情感消极情感量表(PANAS)的修订[J].应用心理学,2008,14(3):249－254,268.

[51] ARGUELLO J. Predicting search task difficulty[C]//European conference on information retrieval. Amsterdam:Springer, 2014:88－99.

[52] LIU C, LIU J, BELKIN N J. Predicting search task difficulty at different search stages[C]//Proceedings of the 23rd ACM international conference on information and knowledge management. Shanghai: ACM, 2014:519－578.

[53] LIU J, LIU C, COLE M, et al. Exploring and predicting search task difficulty[C]//Proceedings of the 21st ACM international conference on information and knowledge management. Maui: ACM, 2012:1313－1322.

[54] 艾卉,周慧,黄宇霞. 情绪的跨文化普遍性与差异性——对教育实践的启示[J].全球教育展望,2015,44(11):104－113.

[55] LIM N. Cultural differences in emotion:differences in emotional arousal level between the East and the West-ScienceDirect[J]. Integrative medicine research, 2016, 5(2):105－109.

[56] SHARMA P, JOSHI S, GAUTAM S, et al. Student engagement detection using emotion analysis, eye tracking and head movement with machine learning [EB/OL].[2022－01－21]. https://arxiv.org/abs/1909.12913.

[57] 魏艳涛,雷芬,胡美佳,等.学生表情识别研究综述[J].中国教育信息化,2020(21):48－55.

[58] D'MELLO S K, GRAESSER A C, PICARD R W. Toward an affect-sensitive autoTtutor[J]. Intelligent systems, IEEE, 2007, 22(4):53－61.

[59] MCDANIEL B, D'MELLO S, KING B, et al. Facial features for affective state detection in learning environments[J]. Cognitive science society, 2007:467－472.

[60] 冯莹,甘怡群,柳之啸,等.不确定性反应风格和未来取向应对的关系探究:预期情绪的中介作用[J].北京大学学报(自然科学版),2015,51(3):485－494.

[61] VERONICA G,DEREK R. Coping with uncertainty:the construction and validation of a new measure[J]. Personality and individual differences, 2001, 31(4):519－534.

[62] 刘畅,赵瑜,杨帆.信息检索用户实验设计中时间限制和任务次序的影响研究[J].图书情报工作,2015,59(1):99－105.

[63] MAULE A J, HOCKEY G, BDZOLA L. Effects of time－pressure on decision－making under uncertainty:changes in affective state and information processing strategy[J]. Acta psychologica, 2000, 104(3):283－301.

[64] CHEN S Y, RIEH S Y. Take your time first, time your search later:how college students perceive time in Web searching[J]. Proceedings of the American Society for Information Science and Technology, 2009, 46(1):1－19.

[65] NAHL D. Measuring the affective information environment of Web searchers[C]//Proceedings of the 67th annual meeting of the American Society for Information Science & Technology. Medford:Information Today,2004:191－197.

[66] 徐振国,张冠文,孟祥增,等. 基于深度学习的学习者情感识别与应用[J].电化教育研究,2019,40(2):87－94.

[67] WEHNER C, SCHILS T, BORGHANS L. Personality and mental health:the role and substitution effect of emotional stability and conscientiousness [EB/OL].[2022－01－21]. https://papers.

ssrn. com/sol3/papers. cfm? abstract_id = 2864838
[68] QURTUBI A. Analysis of students' emotional stability, parenting style and teaching method on student learning achievement : a case study of junior high school student in jakarta[J]. Asian journal of management sciences & education, 2016, 5(2):101 - 109.
[69] KUMARAVELU G. Emotional stability of high school students in relation to their selected variables[J]. Journal of emerging technologies and innovative research, 2018, 5(1):167 - 169.
[70] 邱明辉, 邱雨奇. 支持探索式查询的帮助功能设计研究[J]. 农业图书情报学报, 2021, 33(3):56 - 67.
[71] 邹薇. 基于 SOR 模型的高校图书馆员行为对读者参与的影响实证研究[J]. 农业图书情报,2019,31(10):76 - 81.
[72] WHITEHILL J, SERPELL Z, LIN Y C, et al. The faces of engagement: automatic recognition of student engagement from facial expressions[J]. IEEE transactions on affective computing, 2014, 5(1):86 - 98.
[73] WALLBOTT H G. Bodily expression of emotion[J]. European journal of social psychology, 1998,28(6):879 - 896.
[74] 陈子健,朱晓亮. 基于面部表情的学习者情绪自动识别研究——适切性、现状、现存问题和提升路径[J]. 远程教育杂志,2019,37(4):64 - 72.

作者贡献说明:
黄崑:提出研究选题,进行研究设计,论文定稿;
郑明煊:参与研究设计,进行数据收集与分析,撰写初稿;
罗士超:参与数据分析与讨论部分的修改;
靳健:参与研究设计、数据分析部分的讨论。

Research on Users' Emotions and Impact Factors Based on Facial Expression Recognition in Exploratory Search

Huang Kun Zheng Mingxuan Luo Shichao Jin Jian
School of Government, Beijing Normal University, Beijing 100875

Abstract: [**Purpose/significance**] Combined with facial expression recognition technology, this study focuses on the relationship between emotions and related factors in the search process, and explores the relationship among emotions, search interaction behaviors, as well as user experience in the search process, so as to provide references for automatic recognition and prediction of users' emotional state based on search interaction behaviors, and serve for the optimization of the search interaction process. [**Method/process**] Through experimental research, 48 subjects were recruited and divided into two groups. They completed three designated tasks with or without time constraints respectively, and their expression data, behavior data and related self-evaluation data were collected. [**Result/conclusion**] The results show that: in the search process, users' neutral emotions account for the highest proportion (58.03%), followed by negative emotions (29.88%), and positive emotions account for the least proportion (12.10%). The higher the proportion of users' non-neutral emotions, the worse the post-search experience, and conversely, the higher the proportion of neutral emotions, the better the users' post-search experience. The proportion of sadness, disgust, surprise and happiness in the time limited group is significantly higher than that in the non-time limited group; at the same time, the proportion of neutral emotions in the time limited group is significantly lower than that of the non-time limit group. The high task difficulty perception group shows more disgust, anger and less neutral emotions. Non-neutral emotions are more likely to occur in page switching scenarios. The more neutral emotions in the search process, the better the user's experience after the search, while the proportion of negative emotions and positive emotions is negatively correlated with the experience after the search.

Keywords: emotion facial expression recognition exploratory search impact factor